

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC893 U.S. PTO
09/713146
11/14/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年11月17日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第326952号

出 願 人
Applicant (s):

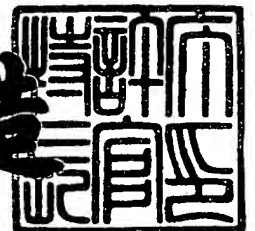
株式会社ウシオ総合技術研究所
日本電気株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年10月 6日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3082363

Express Mail #EL416051933US

【書類名】 特許願

【整理番号】 NUS990117

【提出日】 平成11年11月17日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/10

【発明者】

 【住所又は居所】 静岡県御殿場市駒門 1 - 9 0 株

 株式会社ウシオ総合技術研究所

 【氏名】 多田 昭史

【特許出願人】

 【識別番号】 397060245

 【氏名又は名称】 株式会社ウシオ総合技術研究所

【特許出願人】

 【識別番号】 000004237

 【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097777

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 荻澤 弘

【選任した代理人】

 【識別番号】 100088041

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092495

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

 【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9811722

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 狭帯域化エキシマレーザ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 リトロ配置の反射型回折格子とこの反射型回折格子の入射側に配置されたビーム径拡大光学系とスリットとからなる狭帯域化光学系を備えたエキシマレーザ装置において、

前記反射型回折格子のレーザ光照射領域内のリトロ配置における回折波面歪み（He-Neレーザ光における測定値）が、測定波長を λ とすると、 $\lambda/10$ 以下であることを特徴とする狭帯域化エキシマレーザ装置。

【請求項 2】 リトロ配置の反射型回折格子とこの反射型回折格子の入射側に配置されたビーム径拡大光学系とスリットとからなる狭帯域化光学系を備えたエキシマレーザ装置において、

前記反射型回折格子のレーザ光照射領域内のリトロ配置における回折波面歪み（He-Neレーザ光における測定値）が、測定波長を λ とすると、 $\lambda/10$ を超える部分のレーザ光照射を遮る遮光手段を前記反射型回折格子と前記スリットの間配置したことを特徴とする狭帯域化エキシマレーザ装置。

【請求項 3】 前記反射型回折格子の溝数が 1 mm 当たり 80 本以上 150 本以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の狭帯域化エキシマレーザ装置。

【請求項 4】 前記反射型回折格子のブレイズ角が 76° 以上であることを特徴とする請求項 1～3 の何れか 1 項記載の狭帯域化エキシマレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回折格子を用いた狭帯域化エキシマレーザ装置に関し、特に、狭帯域化光学系として回折格子を用いる場合に、回折格子の波面歪みによる発振光の線幅の広がり抑制した狭帯域化エキシマレーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

エキシマレーザ装置、特に A r F エキシマレーザ装置から発振される波長 1 9 3 . 3 n m を中心とする真空紫外線は、次世代の半導体露光用レーザ光源として注目されている。しかしながら、真空紫外域において使用可能な露光装置用光学材料としては、合成石英と螢石しか存在せず、露光装置の光学系において色消しが極めて困難である。そこで、エキシマレーザ装置から発振される光は 0 . 5 μ m 以下の極めて狭い帯域幅（線幅）が要求される。

【0 0 0 3】

エキシマレーザ装置において、発振波長を狭帯域化するための光学系には、實際上、エタロンとリトロ配置の反射型回折格子とがあるが、前者においては高精度の面精度とコーティングが必要で、現状では高精度を得るのに合成石英しか使用できず、合成石英はレーザ光強度が大きくなると屈折率上昇（コンパクション）、透過率低下のダメージを受けるので使用できないのと、コーティングが劣化した場合に線幅が広がってしまうという問題がある。これに対して、リトロ配置の反射型回折格子の場合は、線幅は反射型回折格子へ入射するビーム径によって決まるため、偏角プリズムからなるビーム径拡大光学系と組み合わせて用いており、この場合には、プリズムが劣化してもビーム径拡大率は変わらず、反射型回折格子の反射面が劣化しても溝間隔は変わらないので、線幅には影響がない。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

このようなビーム径拡大プリズムとリトロ配置の反射型回折格子とからなる狭帯域化光学系を用いる場合に、今までは、帯域幅（線幅）として 0 . 6 μ m 程度しか得られていない。この原因を検討すると、回折格子以外の他の光学素子（プリズム、出力ミラー、窓）の波面歪み（波面の山から谷までの深さ）が $\lambda / 10$ （He - Ne レーザ光における値）以下であるのに対して、回折格子の波面歪みが $\lambda / 5$ （He - Ne レーザ光における値）以上と大きいことによる。

【0 0 0 5】

理論的には、反射型回折格子のブレイズ角を大きくして回折格子への入射角を大きくすると波長の分解能が高くなるはずであるが、ブレイズ角を 7 6 ° より大

きくしてさらに高い分解能を得ようとする、今度はリトロ配置で入射光が垂直に入射する格子溝の面の加工精度が高くなり實際上ばらつきの小さい反射型回折格子を得ることは困難であって、そのばらつきによる波面歪みが大きくなり、帯域幅は飽和して 0.6 μm 程度以下に狭くすることはできなかった。

【0006】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、ビーム径拡大光学系とリトロ配置の反射型回折格子とからなる狭帯域化光学系を用いるエキシマレーザ装置において、反射型回折格子の波面歪みに基づく狭帯域化の限界を打破して半導体露光用レーザ光源等に適したものとすることである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の狭帯域化エキシマレーザ装置は、リトロ配置の反射型回折格子とこの反射型回折格子の入射側に配置されたビーム径拡大光学系とスリットとからなる狭帯域化光学系を備えたエキシマレーザ装置において、

前記反射型回折格子のレーザ光照射領域内のリトロ配置における回折波面歪み（He-Neレーザ光における測定値）が、測定波長を λ とするとき、 $\lambda/10$ 以下であることを特徴とするものである。

【0008】

本発明のもう1つの狭帯域化エキシマレーザ装置は、リトロ配置の反射型回折格子とこの反射型回折格子の入射側に配置されたビーム径拡大光学系とスリットとからなる狭帯域化光学系を備えたエキシマレーザ装置において、

前記反射型回折格子のレーザ光照射領域内のリトロ配置における回折波面歪み（He-Neレーザ光における測定値）が、測定波長を λ とするとき、 $\lambda/10$ を超える部分のレーザ光照射を遮る遮光手段を前記反射型回折格子と前記スリットの間に配置したことを特徴とするものである。

【0009】

これらの場合に、反射型回折格子の溝数が1mm当たり80本以上150本以下であることが望ましい。

【0 0 1 0】

また、反射型回折格子のブレイズ角が 76° 以上であることが望ましい。

【0 0 1 1】

本発明においては、反射型回折格子のレーザ光照射領域内のリトロ配置における回折波面歪みが $\lambda/10$ 以下であるか、 $\lambda/10$ を超える部分のレーザ光照射を遮る遮光手段を反射型回折格子とスリットの間に配置したので、発振レーザ光の線幅を $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下の極めて狭いものにすることができ、半導体露光用レーザ光源等としての要求を満たすものを実現することができる。

【0 0 1 2】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の狭帯域化エキシマレーザ装置を実施例に基づいて説明する。

【0 0 1 3】

図1に、ビーム径拡大プリズムとリトロ配置の反射型回折格子とからなる狭帯域化光学系を用いたエキシマレーザ装置の光学的構成を示す。図1には、励起系、制御系等は図示していない。レーザチャンバ1内には、ArFエキシマレーザ装置の場合には、レーザ媒質のアルゴンガスとフッ素ガス以外にバッファガスが封入されており、その他に励起用主放電電極、予備電離電極、ガス循環系が内蔵されている。このレーザチャンバ1は、出力ミラー2とリトロ配置の反射型回折格子3とでなる光共振器中に配置されている。反射型回折格子3とレーザチャンバ1の間には、スリット4と複数（図では3個）のプリズムからなるビーム径拡大プリズム5とが配置されている。そして、以上の反射型回折格子3とビーム径拡大プリズム5とスリット4とから狭帯域化光学系が構成されている。なお、レーザチャンバ1の光路中には窓6が設けられており、また、レーザチャンバ1と出力ミラー2の間に別のスリット4'が配置されている。

【0 0 1 4】

ここで、リトロ配置の反射型回折格子3とは、入射光に対して反射型回折格子3を斜めに配置し、その斜めの入射角と所定の回折次数の回折角とが等しくなる配置である。この配置において、反射型回折格子3の表面に立てた法線と入射光軸とのなす角をリトロ角、各格子溝の入射側の面をブレイズ面、ブレイズ面

の法線と反射型回折格子 3 の表面に立てた法線とのなす角度をブレース角と呼ぶ。入射光はブレース面に垂直に入射するように反射型回折格子 3 を構成するので、リトロ角とブレース角は通常一致する。

【0 0 1 5】

図 2 は、このような反射型回折格子 3 のリトロ配置での回折波面歪みと、そのような反射型回折格子 3 を狭帯域化光学系として用いた A r F エキシマレーザ装置の狭帯域化線幅との関係を実測した結果を示す図である。

【0 0 1 6】

ただし、回折波面歪みは、図 3 に示すような干渉計（例えば、Z y g o 社製干渉システム G P I - X P）を用いた配置により測定される。図 3 において、H e - N e レーザ 1 1 からの波長 6 3 3 n m の光はビームエキスパンダ 1 2 によりビーム径が拡大され、ハーフミラー 1 3 を透過した光は、光軸に垂直に配置した光学平板（基準平面）1 4 に入射し、一部がその平面で反射され、透過光はリトロ配置の反射型回折格子 3 に入射して反対方向へ回折される。光学平板 1 4 で反射された波面と反射型回折格子 3 で回折された波面はハーフミラー 1 3 で反射され、スクリーン 1 5 上で干渉して、反射型回折格子 3 で回折された波面の歪みが測定される。なお、波面歪みは、反射型回折格子 3 の面内での波面の基準面に対する凸状のずれ量の最大値と凹状のずれ量の最大値との差を波長に換算した距離である。

【0 0 1 7】

図 2 から明らかなように、反射型回折格子 3 の回折光の波面歪みが $0.1\lambda = \lambda / 10$ 以下でないと、A r F エキシマレーザ装置からの出力レーザ光の線幅は $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下とはならない。

【0 0 1 8】

したがって、本発明においては、第一義的に、狭帯域化光学系を構成するリトロ配置の反射型回折格子 3 のレーザ光照射領域内における回折波面歪み（H e - N e レーザ光における測定値）を、測定波長を λ とするとき、 $\lambda / 10$ 以下となるようなものを用いるようにする。

【0 0 1 9】

このような反射型回折格子 3 を選んで用いることにより、半導体露光用レーザー光源に要求される線幅 0.5 μm 以下のレーザー光が得られる。

【0020】

また、図 3 に示しような配置で 1 つの反射型回折格子 3 の波面歪みを測定したところ、図 4 にレーザー光入射方向から見た図に示すように、その反射型回折格子 3 のレーザー光照射領域内の特定の領域部分 P の波面歪み（He-Ne レーザ光における測定値）が $\lambda/10$ より大きい場合には、図 5 に示すように、波面歪みが $\lambda/10$ より大きい領域部分 P に対応する大きさの遮蔽物 10 を、反射型回折格子 3 とスリット 4 の間に配置して、その領域部分 P にレーザー光が入射しないようにすればよい。その配置の一例を図 6 に示す。図 6 の場合は、反射型回折格子 3 とビーム径拡大プリズム 5 との間に、領域部分 P に対応する位置と大きさの遮蔽物 10 を配置してある。もちろん、ビーム径拡大プリズム 5 中、あるいは、ビーム径拡大プリズム 5 とスリット 4 の間に配置するようにしてもよい。さらには、反射型回折格子 3 の波面歪みが $\lambda/10$ より大きい領域部分 P を紫外線を遮蔽吸収する塗料で直接塗って隠すようにしてもよい。なお、このような遮蔽物 10 をレーザー装置内に配置しても、図 1 のようなエキシマレーザー装置の場合、出力ビーム光が拡大されること、及び、レーザー発振動作が極めて多くのマルチモードでの発振であるため、出力ビーム光の断面内に穴が開くことはない。

【0021】

次に、図 7 は実際の市販のリトロ配置の反射型回折格子の溝数（本/mm）と回折波面歪み（He-Ne レーザ光における測定値）の関係をプロットした図である。この図から明らかなように、1 mm 当たりの溝数が 80 本以上 150 本以下を底として、溝数がある範囲より少なくなっても多くなっても回折波面歪みは $\lambda/10$ より大きくなっていく。その原因は、溝数がある範囲より少なくなると、溝の数による溝間隔のばらつきの平均化作用が減り、実際の製作精度上、回折波面歪みを $\lambda/10$ 以下にするのが困難になる。逆に、溝数がある範囲より多くなると、溝間隔が細かくなりすぎて、ブレード面の寸法が波長程度になり、製作精度の回折波面歪みへの影響が急激に効くようになり、また、反射型回折格子の面内歪みによりブレード面に入射しない場合も生じるので、回折波面歪みが大

きくなるものである。したがって、本発明の狭帯域化エキシマレーザ装置において使用する反射型回折格子 3 の溝数としては、1 mm 当たり 80 本以上 150 本以下のものであることが望ましい。

【0022】

ところで、本発明のようなリトロ配置の反射型回折格子 3 を用いた狭帯域化光学系を備えたエキシマレーザ装置においては、狭帯域化スペクトル幅 $\Delta\lambda$ は、波形がガウス分布であると仮定したとき、

$$(\Delta\lambda)^2 = (\Delta\lambda_1)^2 + (\Delta\lambda_2)^2 \quad \dots (1)$$

となる。ただし、 $\Delta\lambda_1$ は、反射型回折格子 3 への入射角（リトロ角）に依存する成分で、入射角が大きくなればなる程小さくなるもので、回折の式で求まる分解能 $d\lambda/d\theta$ から定まる（ θ は入射角）。 $\Delta\lambda_2$ は、波面歪みに依存する成分で、波面歪みが大きくなれば大きくなる程分解能が下がることに対応する成分である。

【0023】

図 8 に、この式（1）に基づく理論値と実際の値を示してある。図中の曲線 A は、リトロ角が 76° で波面歪みの測定値が 0.14λ の反射型回折格子が、リトロ角が変化しても波面歪みが一定と仮定したときの、リトロ角に対する狭帯域化線幅の変化を上記式（1）に基づいて求めたものである。これに対して、曲線 D は、反射型回折格子の実際上の製作限界に基づく曲線であり、リトロ角が大きい程ブレイズ面の寸法小さくなり、製作精度の回折波面歪みへの影響が急激に効くようになり、波面歪みの項が大きくなるので、実際の曲線 D はリトロ角 75° 程度で狭帯域化線幅は 0.6 pm 程度に飽和してしまってそれより小さくならない。この曲線 D 上の点 a が従来のエキシマレーザ装置の値である。したがって、従来の場合は、リトロ角を 76° より大きくするのに意味がない。

【0024】

これに対して、図 8 中の曲線 B は、上記の本発明に基づいて、反射型回折格子 3 として波面歪みが $\lambda/10$ のものを用いるか、波面歪みが $\lambda/10$ より大きい領域を遮蔽した場合の曲線 A と同様の曲線であり、点 b はそのときのリトロ角 76° での狭帯域化線幅を示す点で、 0.5 pm の線幅が得られる。

【0025】

本発明に基づいて、反射型回折格子3として波面歪みが $\lambda/20$ のものを用いるか、波面歪みが $\lambda/20$ より大きい領域を遮蔽した場合を示す曲線Aと同様の曲線が曲線Cである。その場合のリトロ角 76° での狭帯域化線幅を示す点は点cであり、 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 程度の線幅が得られる。その際、リトロ角 76° を 78° 程度にすると、点dに示すように、線幅は $0.4\text{ }\mu\text{m}$ 以下に下げられる。しかしながら、この場合も、曲線Eに示すように、反射型回折格子の実際上の製作限界に基づいて狭帯域化線幅は 0.3 程度に飽和してしまう。したがって、リトロ角を従来の 76° より大きくすることには意味があるが、 80° 程度以上に大きくするのは余り意味がない。すなわち、反射型回折格子のブレース角を 76° より大きくすることには意味があるが、 80° 程度以上に大きくするのは余り意味がない。

【0026】

以上、本発明の狭帯域化エキシマレーザ装置を理論と実施例に基づいて説明してきたが、本発明はこれら実施例に限定されず種々の変形が可能である。

【0027】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明の狭帯域化エキシマレーザ装置によると、反射型回折格子のレーザ光照射領域内のリトロ配置における回折波面歪みが $\lambda/10$ 以下であるか、 $\lambda/10$ を超える部分のレーザ光照射を遮る遮光手段を反射型回折格子とスリットの間に配置したので、発振レーザ光の線幅を $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 以下の極めて狭いものにすることができ、半導体露光用レーザ光源等としての要求を満たすものを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明が対象とするエキシマレーザ装置の光学的構成を示す図である。

【図2】

反射型回折格子のリトロ配置での回折波面歪みとその反射型回折格子を用いたARFエキシマレーザ装置の狭帯域化線幅との関係を実測した結果を示す図で

ある。

【図 3】

回折波面歪みを測定するための測定系の配置を示す図である。

【図 4】

反射型回折格子のレーザ光入射方向から見た波面歪みを示す図である。

【図 5】

本発明の 1 実施例の原理を示す図である。

【図 6】

図 5 の原理を適用した 1 実施例のエキシマレーザ装置の主要部の構成を示す図である。

【図 7】

実際の市販のリトロ配置の反射型回折格子の溝数と回折波面歪みの関係をプロットした図である。

【図 8】

本発明が対象とするエキシマレーザ装置の狭帯域化スペクトル幅の理論値と実際の値を示した図である。

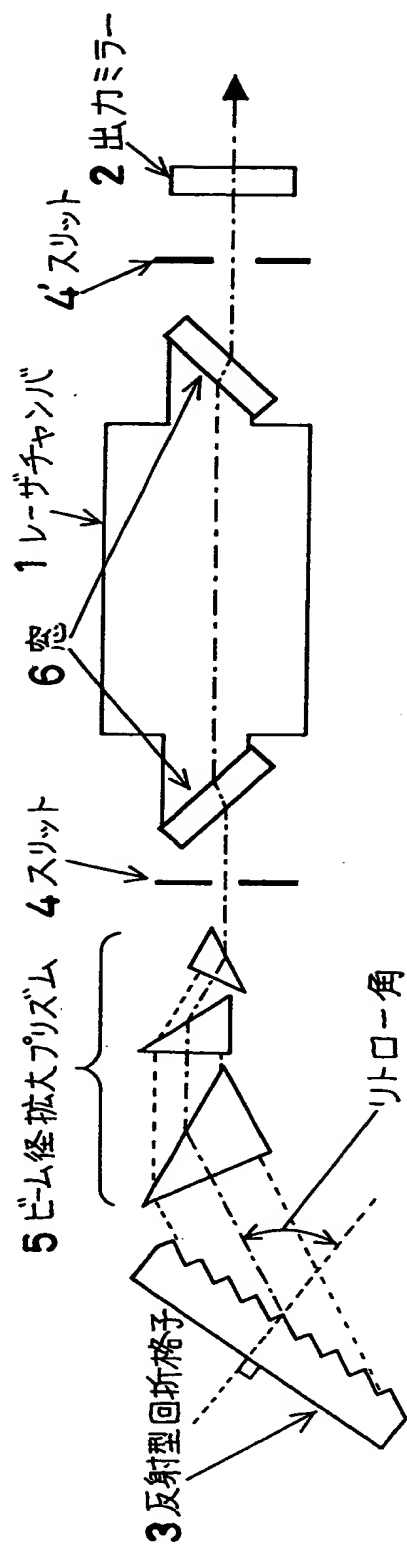
【符号の説明】

- 1 …レーザチャンバ
- 2 …出力ミラー
- 3 …反射型回折格子
- 4、4' …スリット
- 5 …ビーム径拡大プリズム
- 6 …窓
- 10 …遮蔽物
- 11 …He-Ne レーザ
- 12 …ビームエキスパンダ
- 13 …ハーフミラー
- 14 …光学平面板（基準平面）
- 15 …スクリーン

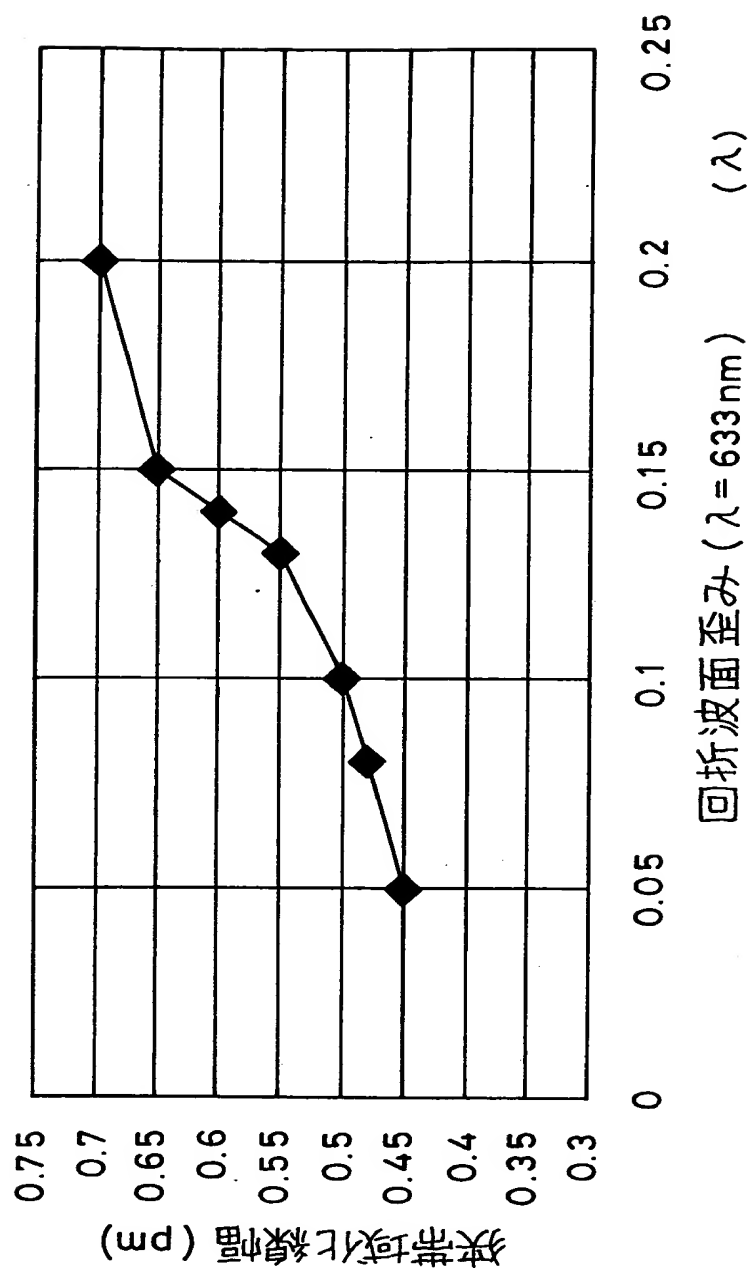
P…波面歪み（He-Neレーザ光における測定値）が $\lambda/10$ より大きい領域
部分

【書類名】
【図 1】

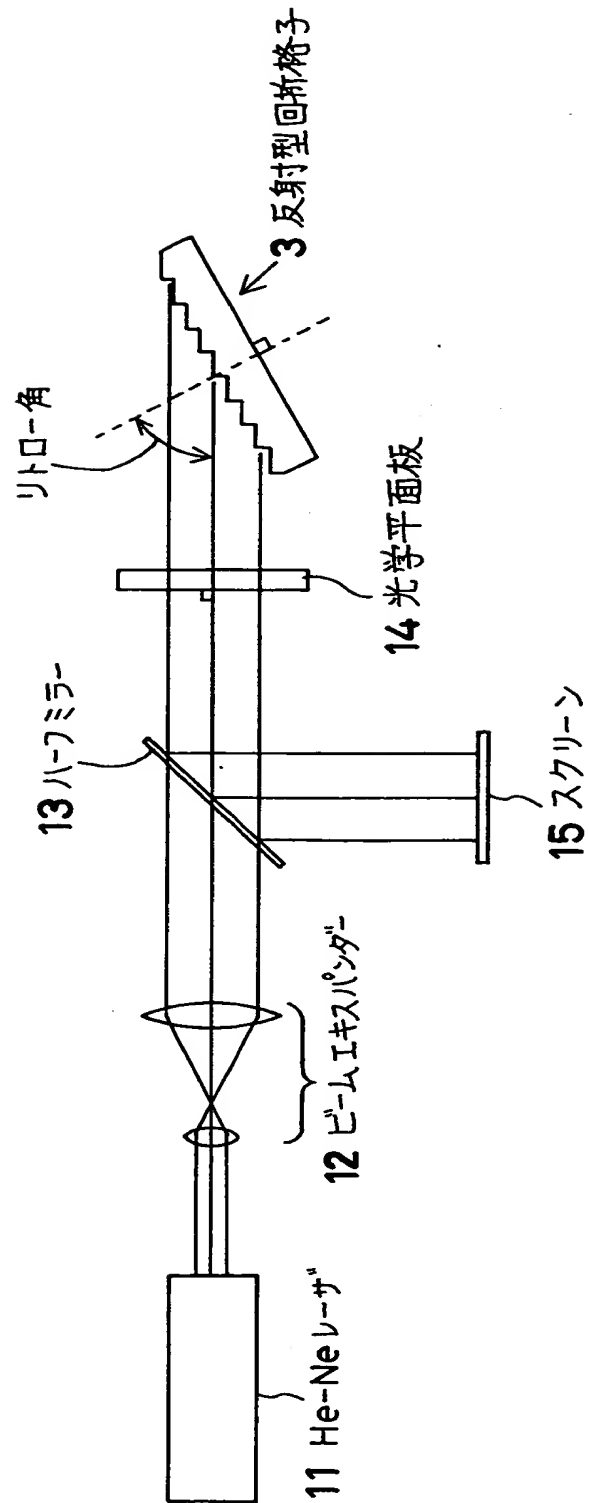
図面



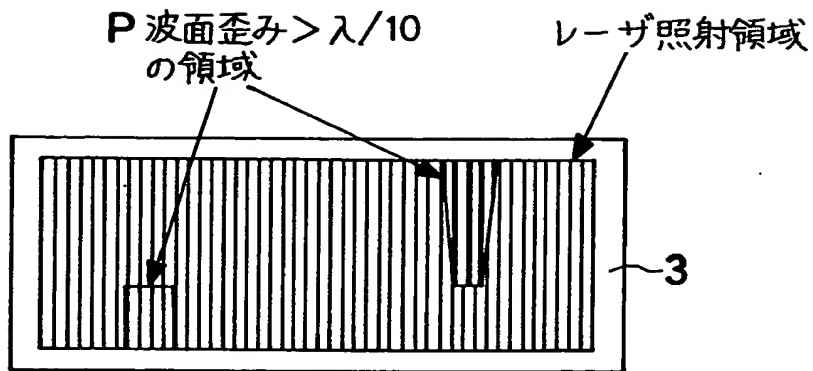
【図 2】



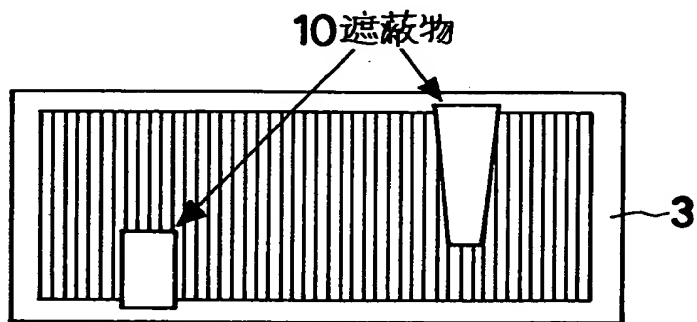
【図 3】



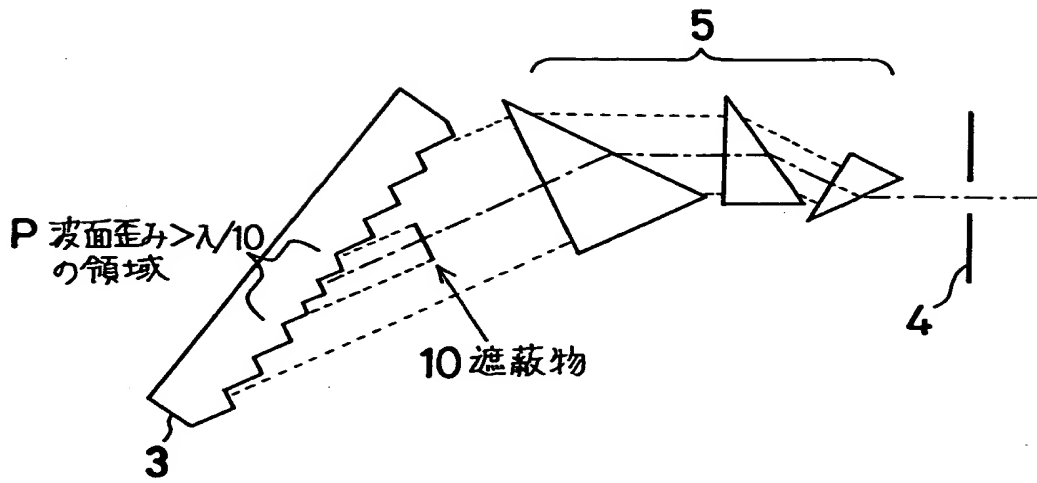
【図 4】



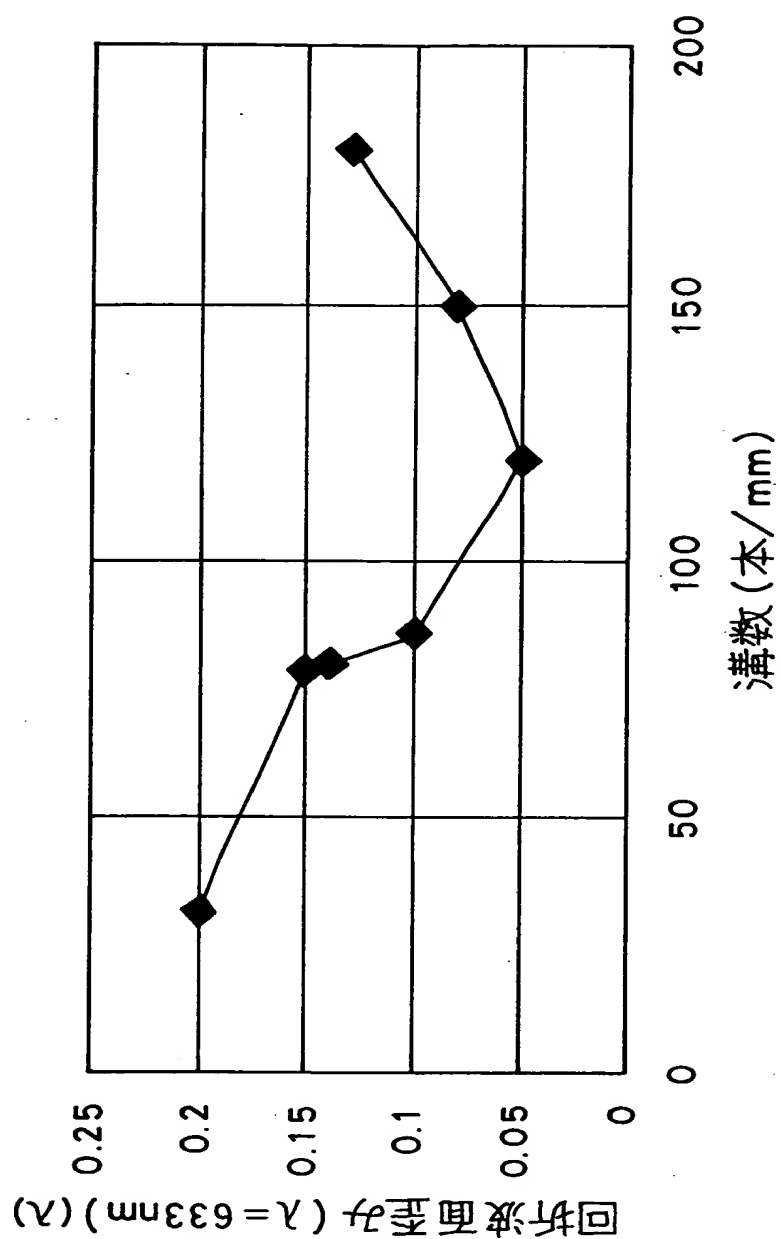
【図 5】



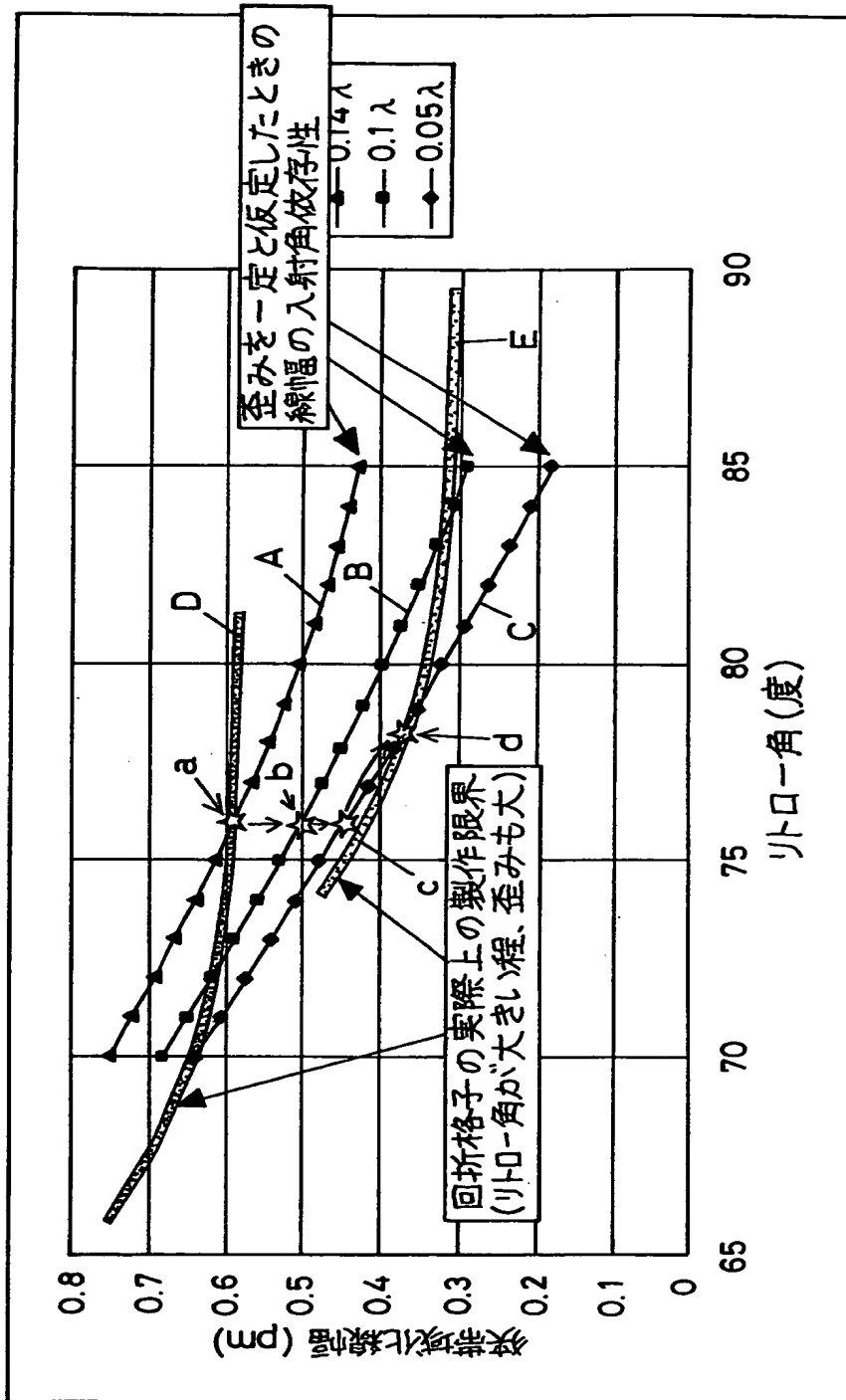
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ビーム径拡大光学系とリトロ配置の反射型回折格子とからなる狭帯域化光学系を用いるエキシマレーザ装置において、反射型回折格子の波面歪みに基づく狭帯域化の限界を打破して半導体露光用レーザ光源等に適したものとする
こと。

【解決手段】 リトロ配置の反射型回折格子 3 とこの反射型回折格子 3 の入射側に配置されたビーム径拡大光学系 5 とスリット 4 とからなる狭帯域化光学系を備えたエキシマレーザ装置において、反射型回折格子 3 のレーザ光照射領域内のリトロ配置における回折波面歪み（He-Neレーザ光における測定値）が、測定波長を λ とすると、 $\lambda/10$ 以下であるものを用いる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [397060245]

1. 変更年月日	1997年10月 2日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝1丁目11番11号
氏 名	株式会社ウシオ総合技術研究所

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
氏 名	日本電気株式会社